環境友善之病害防治資材應用

蔡志濃 [1,*]、謝廷芳 [2]、安寶貞 [3]、林筑蘋 [4]

[1] 農委會農業試驗所植物病理組研究員。台灣 台中市。

[2] 農委會農業試驗所植物病理組研究員兼組長。台灣 台中市。

[3] 農委會農業試驗所植物病理組退休研究員兼組長。台灣 台中市。

[4] 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。

摘要

近年來環保意識抬頭，農業環境友善課題一直是全世界的共識，在台灣有規範可以依循的環境友善病蟲害防治資材，包括農糧署公布的「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可應用於有機栽培之病害防治資材，包括套袋、非基因改造之微生物製劑、天然物質之食品類資材及可使用之合成化學資材〔包括甲殼素、化工醋類、含氯物質(次氯酸鹽類、氯酸鹽類、二氧化氯等)、含銅物質(硫酸銅、氫氧化銅、氧化亞銅、鹼性氯氧化銅、三元硫酸銅等)、波爾多液、中性化亞磷酸、碳酸氫鉀、碳酸氫鈉(小蘇打)、碳酸鈣、石灰、硫磺、石灰硫磺合劑、氫氧化鉀、含矽物質(矽酸鹽類、二氧化矽)、礦物油、脂肪酸鹽類(皂鹽類)、不含殺菌劑之天然油脂皂化資材等〕及動植物防疫檢疫局公告之「免登記植物保護資材」包括公告之 18 品項及原料屬食品安全衛生管理法第三條第一款所規範的資材。由以上所規範的資材種類繁多，在病害管理的應用上，關鍵點就是必須要了解各種資材的特性，適時地將資材導入至整合性管理系統，才能充分發揮效用。

前言

台灣地處熱帶及亞熱帶，高溫多濕，病蟲害種類繁多，使得防疫作業管理更形複雜。近年來農產品食用安全意識高漲，而農作物農藥殘留違規案件歷年皆有，主要肇因於其栽培與採收期間常因病蟲的危害，農友為確保其產量與品質，多依賴化學合成農藥來防治，因此常有農藥殘留的食安虞慮。在自然界有許多天然或食品類資材，具有防病忌蟲的效果，利用病蟲監測及適時應用環境友善植物保護資材等技術，建構其病蟲害之整合管理策略，期能藉由生態平衡的耕作理念，充分利用各種栽培管理措施，營造樂活的環境、生產安全的農產品。

依據 2019 年 6 月 5 日農糧署公布「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可應用於有機栽培之病害防治資材包括套袋、非基因改造之微生物製劑、天然物質之食品類資材及可使用之合成化學資材〔包括甲殼素、化工醋類、含氯物質(次氯酸鹽類、氯酸鹽類、二氧化氯等)、含銅物質(硫酸銅、氫氧化銅、氧化亞銅、鹼性氯氧化銅、三元硫酸銅等)、波爾多液、中性化亞磷酸、碳酸氫鉀、碳酸氫鈉(小蘇打)、碳酸鈣、石灰、硫磺、石灰硫磺合劑、氫氧化鉀、含矽物質(矽

*論文聯繫人
e-mail: tsaijn@tari.gov.tw

酸鹽類、二氧化矽)、礦物油、脂肪酸鹽類(皂鹽類)、不含殺菌劑之天然油脂皂化資材等〕。另外「免登記植物保護資材」包括公告之 18 品項及原料屬食品安全衛生管理法第三條第一款所定食品 (表 1)。

表 1. 公告之免登記植物保護資材品項、使用範圍及產品登記數目(至 2021 年 4 月 22 日)共計 573 項產品。

公告品項	使用範圍					登記數目
	用於防除農林作物或其產物之有害生物			用於調節農林作物之生長	用於調節有益昆蟲生長	
	害蟲	病菌	其他			
甲殼素、甲殼素鹽酸鹽	V	V				89 項
大型褐藻萃取物				V		52 項
苦楝油	V					78 項
矽藻土	V					27 項
次氯酸鹽類		V				4 項
碳酸氫鈉		V				12 項
苦茶粕皂素	V		V			45 項
無患子皂素	V					5 項
脂肪酸鹽類、皂鹽類	V					24 項
二氧化矽		V				14 項
碳酸鈣	V	V				23 項
高嶺石	V					7 項
中性化亞磷酸		V				17 項
矽酸鉀		V				15 項
柑桔精油、D 檸檬烯	V	V				23 項
竹醋液、木醋液、稻穀 醋液、醋	V	V				28 項
王酸			V	V		36 項
幾丁質			V			6 項
屬食品安全衛生管理法第三條第一款所定食品						68項(28項)

種子消毒之資材

依據 2019 年 6 月 5 日農糧署公布「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可用於種子消毒之資材計有：化工醋類、次氯酸鈣、次氯酸鈉及二氧化氯等。分別說明如下：

化工醋：學名為乙酸 (acetic acid)，無色有刺激性氣味的液體，能溶於水，呈酸性，水溶液可食用，純醋酸(無水醋酸)為中性，俗稱冰醋酸。可利用穀類或

水果，經由醋酸菌的發酵製造而得。有機栽培一般使用釀造醋，具有直接殺菌的功效。醋酸亦可當作種子消毒劑，如十字花科蔬菜種子以酸性硫酸鋅種子浸漬法，可去除種子表面污染的黑腐病菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)。處理時，先將 2.9 g 的硫酸鋅($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 溶於 100 mL 蒸餾水中，滴入 0.6 mL 醋酸及一小滴展著劑，溫度調至 38-40℃，浸入種子 20 min，取出後以自來水沖洗 3 min，風乾後即可播種，經處理後，種子攜帶的病菌會大幅度減少，甚至被完全除滅，幼苗發病率極低。

次氯酸鈣、次氯酸鈉：種子處理是除滅其第一次感染源最有效方法，最常用之方法除溫水浸種外，以次氯酸鈣 (calcium hypochlorite)、次氯酸鈉 (sodium hypochlorite) 等消毒劑最為可行。Clayton 與 Humaydan 等人均報告，預防甘藍黑腐病及瓜類細菌性果斑病最簡便有效的方法為利用次氯酸鈣拌種消毒，即先將種子浸濕，而後加入 1%-2%的次氯酸鈣充分攪拌，密封 16 h 燻蒸後即可播種。水稻種子可以 2% 次氯酸鈉溶液消毒 20-30 min 後，用清水漂洗 2-3 次，晾乾後進行播種。其他作物種子均可比照此方法進行種子消毒，惟需微調次氯酸鈉的使用濃度與處理時間，以免影響種子發芽率。

二氧化氯：二氧化氯（chlorine dioxide）是一種帶有辛辣味的黃綠色氣體，是目前國際上公認的新一代廣效強力殺菌劑、高效氧化劑和優良漂白劑。二氧化氯對生物活體細胞壁有較強的穿透能力，可有效氧化細胞中含硫基的醇，可快速地抑制微生物蛋白質的合成以抑制病原細菌、真菌和病毒等的生長與繁殖。據報導，二氧化氯對卵菌如露菌、疫病菌及病原細菌如軟腐病菌、青枯病菌、馬鈴薯瘡痂病菌等均具殺菌功效，且可達到預防病害發生之效果。測試二氧化氯溶液對三種種傳植物病原細菌如十字花科蔬菜黑腐病菌（*X. campestris* pv. *campestris*）、茄科細菌性斑點病菌（*X. axonopodis* pv. *vesicatoria*）及瓜類細菌性果斑病菌（*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*）之殺菌效率，顯示以 10 ppm 二氧化氯溶液處理黑腐病菌及 5 ppm 處理斑點病菌各 20 min 或 50 ppm 二氧化氯處理果斑病菌 30 min，可完全抑制細菌之生長。以 10 ppm 二氧化氯溶液浸漬帶黑腐病菌之花椰菜種子 30 min，5 ppm 浸漬帶斑點病菌之甜椒種子 10 min 及 50 ppm 浸漬帶果斑病菌之西瓜種子 30 min，均可有效去除各病原細菌，獲取無菌種子。

波爾多液

波爾多液是法國學者 Millardet 於 1882 年開發出防治葡萄露菌病的無機農藥。波爾多液有很多不同濃度之配方，依硫酸銅與生 (熟) 石灰含量之不同混合製程，一般都採硫酸銅和生 (熟) 石灰等重量式配製使用，配製時硫酸銅與生 (熟) 石灰分開溶解，再將硫酸銅液倒入生 (熟) 石灰桶中(不得顛倒次序)，並加攪拌。波爾多液可用於種苗消毒，在有機作物病害之防治上極具潛力，另外它對大部分的真菌與細菌引起的病害均有極佳的防治功效，經常用於果樹真菌及細菌性病害 (表 2) 如褐斑病 (表 3)、炭疽病 (表 4)、露菌病、疫病、白粉病、銹病、柑橘潰瘍病、檬果黑斑病及楊桃細菌性斑點病的防治。使用時宜在晴天而微風藥液易乾的天氣，以免引起藥害。波爾多液一般使用以「4-4 式波爾多液」配方較為常用，配製量如下表，果樹於花蕾期及剛授粉後，以低濃度酌量噴施 1-2 次，套袋後可以較高濃度噴施。波爾多液也可以調製成濃稠狀，用於樹幹的傷口塗布與滅菌。

表 2. 波爾多液之配製與使用對象

名稱	配製量			作物種類
	硫酸銅（公克）	生(熟)石灰（公克）	水（公升）	
10-10 式波爾多液	10	10	1	果樹（休眠期）
8-8 式波爾多液	8	8	1	檬果、蓮霧
5-5 式波爾多液	5	5	1	果樹休眠期
4-4 式波爾多液	4	4	1	種子(種苗)消毒、果樹

石灰硫磺合劑

石灰硫磺合劑最早在 18 世紀被開發出來，不但可以殺菌（真菌、細菌），也可以殺蟲、殺蟎，是有機農業可使用之病蟲害防治資材。一般石灰硫磺合劑中生(熟)石灰、硫磺、水的重量比例為 1：2：10-15（水的份量可依使用需求而增減），配製時先將硫磺以水煮沸，再將生(熟)石灰加入，約煮 1 h，溶液呈深褐色，取過濾後的上層液使用。煮好的石灰硫磺合劑以硫化鈣之形態存在，為殺菌劑之主體，而本劑之強鹼性也可幫助活化硫磺對菌體的滲透，而增強殺菌效果。它對果樹白粉病、銹病及炭疽病 (表 4,5) 具有極佳之預防效果，亦可用於防治蘋果、梨黑星病，桃褐腐病，桃縮葉病等。本劑因為鹼性，使用不當易生藥害，幼嫩組織易被燒傷。而且配製好的石灰硫磺合劑不宜久置，最好在 2-3 星期內使用。果樹類作物一般使用約 200-500 倍，蔬菜類作物約使用 800-1000 倍，使用時間盡量在傍晚或無雨之陰天。濃厚的石灰硫磺合劑也可以用於果樹樹幹的傷口塗布，惟配製時將水的含量降低，調製成濃稠狀後使用。

表 3. 4-4 式波爾多液及石灰硫磺合劑對木瓜褐斑病菌菌絲生長及孢子發芽之抑制效果

處　理	菌絲生長 (mm)	抑制率 (%)	孢子發芽 (%)	抑制率 (%)
4-4 式波爾多液	11	73.8 a[z]	0	100 a
石灰硫磺 100X	15	64.3 a	31.2	68.0 b
石灰硫磺 200X	31	26.2 b	62.7	35.7 cd
石灰硫磺 300X	35	16.7 c	73.5	24.6 de
石灰硫磺 400X	36	14.3 c	82.5	15.4 e
石灰硫磺 500X	39	7.1 d	84.0	13.9 e
石灰硫磺 600X	40	4.8 e	87.5	10.3 e
石灰硫磺 700X	40	4.8 e	91.7	6.0 ef
石灰硫磺 800X	41	2.4 f	94.2	3.4 f
石灰硫磺 900X	42	0 g	94.7	2.9 f
石灰硫磺 1000X	42	0 g	94.7	2.9 f
對照（CK）	42	0 g	97.5	0 g

[z] The same letters within each column indicate not significantly different at 5% level by LSD test.

表 4. 4-4 式波爾多液及石灰硫磺合劑對炭疽病菌菌絲生長及孢子發芽之抑制效果

處　理	菌絲生長 (mm)	抑制率 (%)	孢子發芽 (%)	抑制率 (%)
4-4 式波爾多液	0	100 a[z]	0	100 a
石灰硫磺 100X	33	49.2 b	0	100 a
石灰硫磺 200X	41	38.4 b	0	100 a
石灰硫磺 300X	53	18.5 c	0	100 a
石灰硫磺 400X	51	21.5 c	0	100 a
石灰硫磺 500X	56	13.9 c	0	100 a
石灰硫磺 600X	58	10.8 d	0	100 a
石灰硫磺 700X	61	6.2 e	0	100 a
石灰硫磺 800X	62	4.6 e	0	100 a
石灰硫磺 900X	65	0 f	0	100 a
石灰硫磺 1000X	64	1.5 f	0	100 a
對照（CK）	65	0 f	99	0

[z] The same letters within each column indicate not significantly different at 5% level　by LSD test.

表 5. 每星期施用不同濃度之石灰硫磺合劑防治木瓜炭疽病之效果

處　理	炭疽病發病率（%）
石灰硫磺合劑 200X	8.3
石灰硫磺合劑 500X	55.6
對照（CK）	66.7

熱水處理

利用溫度時，需考慮特定病原菌對溫度及受熱時間的反應，並注意到溫度對植物與其他生物的影響。其中最常使用的為高、低溫滅菌法，一般植物病原真菌及細菌的臨界致死溫度大約在攝氏 60-70℃之間，超過 80 ℃所有的植物病原細菌及大多數之濾過性病毒會死亡，100 ℃則耐熱性的濾過性病毒會死亡。利用熱或高溫處理的效果快速，而且無殘留問題。熱水處理主要用於殺死種子、球莖、果實及其他的植物繁殖體表面的病原菌，但負面影響為可能造成發芽率的降低與果實品質劣變。由於處理的時間及溫度必須相當準確，所以不適合一般的農民使用。此外，根據寄主植物和病原菌耐熱度的差異，一般園藝作物可以利用熱水處理根除濾過性病毒，而且熱水處理休眠組織較為安全，比較不會危及各種繁殖休眠組織的活力。此外，熱水處理可以用於降低採收後樣果炭疽病的發病度。

芒果炭疽病、蒂腐病及果腐病多具有潛伏感染特性，當果實黃熟後才會顯現病徵，有些果園採收後果腐率高達 50%-100%，若未經適當採後處理，儲架壽命及品質極為低落。實驗顯示，溫水處理可以有效降低發病，主要因為芒果炭疽病菌以附著器潛伏於果實表面，較易感受到熱能效果，利用 49℃以上溫水處理 5 min 後即能完全抑制培養於玻璃紙上的附著器再生長能力。而以台農 1 號芒果果實進行溫水處理對炭疽病抑制效果之直接測試，發現以 53℃溫水處理 5min 後取出降溫並催熟後 7 天，溫水處理明顯降低台農 1 號芒果果實採收後病害發生，同時不會造成芒果之熱傷害。1998 年農試所鳳山分所林瑩達先生與廠商合作連續式溫湯處理機，使用 60 至 65℃高溫瞬間處理，利用輸送帶帶動單層果實經上沖下淋溫水，每小時處理量達 600 Kg。同時間農試所嘉義分所另與廠商配合設計小型溫水處理器，採用整籃芒果浸入溫水槽方式，並採用微電腦程序控制電子閥門及特殊水循環方式，可以達到快速回溫及均溫需求，使得高溫瞬間處理變為可行。2002 年起農試所嘉義分所與三群有限公司進行產學合作，發展出大型自動化溫水處理器並技轉三群公司製造供應大型集貨場處理大量芒果所需，每小時最大處理量可達 3-4 Mg 以上並且將原有人力提舉果籃之動作改以機器自動進行，可以節省許多人力。溫水處理雖然可以有效降低採後果實炭疽病但仍需加強田間管理以降低感染，才可以讓溫水處理發揮最大效果，弭補田間稍許的疏忽，將能簡易及經濟地提昇外銷芒果良好品質，提高良質率及價格。不同的芒果品種對高溫忍受性都有些許不同，例如愛文、凱特、金煌等可以使用 60℃/20 s 處理，台農 1 號芒果較耐高溫，溫度可提升至 62℃，但是柴羨芒果（土芒果）如果以 58℃/20 s 處理便容易出現熱傷害。因此不能冀望所有果實都能適應同一處理條件，必須在大量處理前遵守研究人員建議並以少量果實進行測試後方能進行後續處理動作。

溫水處理抑制山藥種薯線蟲

台灣栽培山藥多有由線蟲引起的連作障礙問題，尤其是在壤土地種植的山藥極易發生由根腐線蟲引起的乾腐病，塊莖表面會有許多深淺不一之裂痕、裂口會有木栓化情形、以手指輕壓會有海棉狀之感覺，其橫切面自表皮往內層會有黑褐色乾腐，乾腐之深度隨山藥品種之不同會有些微之差異，往往造成 2-3 成的損失，該病害雖然可以利用化學藥劑、生物防治、輪作、淹水、抗病品種及添加 LT-M 等減少病害發生，但各有優缺點；嘉義分所利用 50℃-60℃溫水處理，先將種薯塊內存活的線蟲殺死，再進行催芽、分芽及馴化而生產出不含活體線蟲的健康種苗供應田間栽植，配合田間穴管清潔與乾淨介質使用，完全不需使用殺線蟲劑，成功解決根腐線蟲之危害，同時降低生產成本，生產出無農藥殘留之優質山藥塊莖；本技術已技轉嘉義縣中埔鄉農會生產健康紅龍山藥種苗供農友使用。本方法可節省種薯塊莖用量、生長整齊並能控制田間栽培時間避開炭疽病好發季節，減少炭疽病防治之費用，同時維持正常產量，2007 年於中埔鄉之田間試驗結果，單株塊莖生產量，使用健康薯塊當種苗者平均為 3,750 g，以病薯塊為種苗者為 2,350 g，以健康芽體為種苗者重量為 3,435 g。

中和亞磷酸

亞磷酸原為緩效性磷肥的一種，1980 年代被發現可以防治卵菌綱引起的植物病害。爾後，有關亞磷酸防治病害的作用與防病機制一直引起學者的興趣，至今仍在探討中。一般認為亞磷酸在高濃度下 (1000 ppm 以上) 對病菌的菌絲生長與產孢有干擾與抑制作用，有直接保護 (direct protection) 寄主的功效，但防病功效並不完全。近年來，許多報告均指出亞磷酸有誘導植物增強抗病性的間接防病（Indirect

defense) 的功效，它會加速植物抗禦素、酚化合物、或其他抗病物質的產生與量的累積。至於有關亞磷酸誘導寄主產生抗病反應的全程機制尚未完全了解，其正確切入抗病反應路徑的位置亦待求證。由於亞磷酸是強酸，水溶液的酸鹼值約為 pH 2-3，必須以鹼性物質中和至 pH 5.5-6.5 後，才能施用於植物體。目前在國外，亞磷酸已被開發與商品化，如 Foli-R-Fos 400 (20 % H_3PO_3)，Nutri-Phite P Foliar (4 % N-30 % P_2O_5-8 % K_2O)，及 Guard PK (7 % N-21 % P_2O_5-21 % K_2O)。田間試驗顯示，亞磷酸對疫病菌、露菌病有良好的防治效果，經常用於酪梨根腐病、柑橘疫病、葡萄露菌病、番茄晚疫病 (圖 1、表 6)、萵苣與十字花科露菌病的防治。在台灣，一種簡單配製亞磷酸的方法已被研發出來，使用者與農民可以自行配製。其方法是將亞磷酸 (95-99 %) 與氫氧化鉀 (95 %) 以一比一等重使用，先將需用量的亞磷酸溶於水中，再溶解氫氧化鉀，調配好的亞磷酸的酸鹼值約 pH 6.0-6.2，可直接使用，可以減少調配亞磷酸酸鹼值時的費時與費工，並避免溶液於保存時，因氧化作用而導致藥效降低的情形。目前依照上述方法，亞磷酸普遍被農民用於作物疫病、晚疫病、露疫病與露菌病的田間防治。

亞磷酸施用濃度、部位及時期：(1).葉面與果實噴布時，濃度以 1000 mg/L 為佳。(如 100 L 水中加入 100 g 亞磷酸與 100 g 氫氧化鉀，即為 1000 倍稀釋液；加入 200 g 亞磷酸與 200 g 氫氧化鉀即為 500 倍稀釋液)。尤其噴布於幼嫩組織，如花、果實及新芽部位，使用濃度不可超過 1000 mg/L，否則會造成藥害。葉面噴布的施用時期為雨期來臨前，每 7 d 一次，至少 2 至 3 次，可連續使用。果實噴布則於雨期來臨前，每 7 d 一次，連續 2 至 3 次，採果期亦可使用。(2)土壤與根圈灌注時，施用濃度可提高至 2000-5000 mg/L，使用後 7 d 內，盡量勿澆水。一般健康植物的根系吸收力佳，施用後方有保護效果。使用時期依作物別不同而異，果樹幼苗於雨期來臨前，每月 1 次，共 2 次，以後每隔 3 個月 1 次。健康樹木一年使用 1-2 次即可。蔬菜、花卉於雨期來臨前，每 7 d-14 d 灌注 1 次，至雨季結束為止。

圖 1. 中和亞磷酸製劑防治番茄晚疫病效果，圖左：對照，圖右：亞磷酸 1000 倍。

表 6. 中和後之亞磷酸溶液防治田間番茄晚疫病之效果

	罹病度 (%) [y]		
處理 (ai concentration, mg/L)	處理前	第 2 次處理後 7 天	第 4 次處理後 7 天
亞磷酸 [z] (1000)	23.8 ± 4.1 a [x]	26.7 ± 2.5 a	28.8 ± 5.4 a
80% 福賽得可濕性粉劑 (4000)	22.1 ± 5.0 a	26.5 ± 1.3 a	31.3 ± 7.4 b
35% 依得利可濕性粉劑 (350)	27.5 ± 2.0 a	38.4 ± 4.7 b	66.3 ± 5.6 c
50% 達滅芬可濕性粉劑 (125)	23.6 ± 3.1 a	25.3 ± 2.6 a	28.9 ± 6.9 a
對照	26.3 ± 2.6 a	42.2 ± 0.8 b	69.0 ± 5.9 c

[z] H_3PO_3 solution was neutralized with equal weights of KOH (both chemicals are of industrial grade).

[y] Disease severity = Σ (Disease index (ranking 0-4) x No. plants in the index) / (4 × No. of total tested plants) × 100%.

[x] Mean ± sd. The 20 tomato (var. 'Known-you 301') plants were used in each treatment with 3 replications. The same letters within each column indicate not significantly different at 1% level by LSD test.

乳化葵花油

經農試所與夏威夷大學合作下，將一般食用油經過乳化、稀釋的步驟製作成防治噴劑，並將該防治噴劑噴灑敷蓋在一般植物表面與病菌上。試驗顯示，當番茄葉片噴布多種的 0.1 %乳化食用油均可顯著的降低由 *Oidium neolycopersici* 引起的番茄白粉病，這些植物油包括芥花油、葡萄子油、花生油、紅花油、大豆油及葵花油，其中以乳化葵花油的防治白粉病效果最佳，當乳化葵花油的濃度提高至 0.5 % 時，白粉病幾乎不會發生。該種食用油噴劑會在植物體表面形成一種薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長，且有減少植物水分散失的功效，但它不會影響植物的呼吸作用及光合作用。在田間實驗時，每週噴施 1 次時，對瓜類(圖 2、表 7)、木瓜 (表 8)、番茄 (表 9)、枸杞等作物的白粉病均有良好的預防效果。此外，它對銹病、露菌病亦有相當的抑制功效，尤其在設施內施行預防性防治使用時，效果最佳。因此，食用油不但兼具病害防治與增強光合作用效能的雙重功效，而且食用油的防治噴劑更屬於無毒無害，符合有機生產需求及環保概念，生產成本極低的一種實用性防治技術。目前乳化葵花油已經商品化，並登錄於免登記植物保護資材，可以推廣用於防治白粉病，此外，此製劑亦可與其他植物源保護製劑混合使用，增強其防治病害之功能。

圖 2. 乳化葵花油防治胡瓜白粉病：(左)乳化葵花油 200 倍；(右)對照。

表 7. 每 7 d 施用一次乳化葵花油，第 4 次施藥後 7 d 胡瓜白粉病罹病度

代號	處理 藥劑名稱及稀釋倍數	罹病度(%) I	II	III	IV	平均	LSD 5%	1%
A	90%乳化葵花油 EC 200X	20.25	13.75	9.50	23.50	16.75	c	c
B	90%乳化葵花油 EC 300X	20.75	27.25	26.25	47.25	30.38	bc	c
C	90%乳化葵花油 EC 500X	30.0	46.75	33.0	48.25	39.50	b	bc
D	50%白克列 WG 2,500X	36.75	80.75	73.50	66.75	64.44	a	ab
E	不施藥對照組 (清水噴施)	66.76	83.0	79.25	92.75	80.44	a	a

[z] The same letters within each column indicate not significantly different at 5% and 1% level by LSD test.

表 8. 每 7 d 施藥一次，第 4 次施藥後 7 d 乳化葵花油防治木瓜白粉病之效果

藥劑名稱	稀釋倍數	罹 病 度(%) I	II	III	IV	平均	備 註
乳化葵花油(1)	200 倍	0.0 a[z]	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	
對照(1)		0.0 a	8.5 b	12.0 b	25.5 b	11.5 b	
乳化葵花油(2)	200 倍	0.0 a	0.0 a	0.63a	0.0 a	0.16 a	
對照(2)		14.5 b	4.0 b	6.0 b	13.0 b	9.38 b	

註:罹病等級:0:0 ; 1:1-5% ; 2: 6-25% ; 3:26-50% ; 4:51%以上。

[z] The same letters within each column indicate not significantly different at 5% and 1% level by LSD test.

表 9. 不同葵花油濃度防治蕃茄白粉病之效果

	濃度（%）[z] 0	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	水 (ck)
病害面積率 (%)[y]	12.0	10.8	9.0	6.0	3.3	0.8	11.5
植株高度（cm）	30.5	30.5	29.0	29.5	32.5	30.5	27.0

[z] Sunflower oils were emulsified with 0.01% tween 20.

[y] Diseased areas were recorded 14 days after treatment.

重碳酸鹽

為酸性碳酸鹽 (bicarbonates) 之別名，含有重碳酸根 (HCO_3^-) 之化合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉 ($NaHCO_3$) 或稱小蘇打、碳酸氫鉀 ($KHCO_3$)、碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 等三種，有機農業上可以使用之資材為碳酸氫鈉及碳酸氫鉀。重碳酸鹽以防治辣椒、瓜類、葡萄、蘋果、玫瑰、草莓、木瓜、日衛矛、迷迭香等作物之白粉病為主。

重碳酸鹽類中，以小蘇打或稱碳酸氫鈉 (baking

soda, sodium bicarbonate)最先被用於作物病害防治上。應用小蘇打當作殺菌劑並非是一項新的發現，早在 1933 年出版，由 Hottes 氏所編著的書「A Little Book of Climbing Plants」中已提到用稀釋約 133 倍的小蘇打可有效防玫瑰白粉病。此項發現乃得自於蘇俄植物病理學家 A. de Yaczenski 的提供。1981 年，日本 Homma 等人利用碳酸氫鈉防治瓜白粉病；1982 年，Punja 和 Grogan 發現含銨、鉀、鈉和鋰的碳酸鹽和重碳酸鹽可殺滅白絹病菌，開啟了利用重碳酸鹽防治作物病害的新頁。隨後，在 1985 年 8 月份的有機農園「Organic Gardening」雜誌上，報導日本的研究人員以約稀釋 500 倍的小蘇打可有效防治瓜類、茄子和草莓白粉病。在 1990 年 6 月份的溫室管理者「Greenhouse Manager」雜誌上，摘錄了美國康乃爾大學 Horst 博士利用小蘇打防治玫瑰主要病害 - 白粉病及黑斑病的 3 年試驗報告，玫瑰每 3-4 d 噴布 200 倍小蘇打及具殺蟲效果的肥皂(作為界面活性劑，可使小蘇打易於黏附在葉表上，雖對病害無任何作用，但可以增進小蘇打的防病效果) 的混合水溶液，可有效防治白粉病及黑斑病的發生。

重碳酸鹽類對人體無害，而且對環境的衝擊非常小，在作物有機栽培的體系中，成為病害防治不可或缺的一項利器。由於它具有明顯的抑菌功效，已被全世界有機農園廣泛地接受與應用，甚至已有多項商品化的產品問世。在使用重碳酸鹽之前，應先小量測試對標的作物是否有藥害產生。以筆者的經驗，瓜類植物較易產生藥害，尤其在烈日下噴施時，葉片容易產生灼傷狀的藥斑。在使用重碳酸鹽的過程之中，應考慮使用劑量的問題。一般而言，以稀釋 200 倍，每 7 d 噴施 1 次，連續 3 次的效果最穩定，若能添加天然的展著劑、界面活性劑或礦物油，則防病效果更佳。

微生物製劑

拮抗生物可以防治病害的機制，可分為五種：即 (1).產生抗生素與毒素；(2).產生酵素分解病原菌；(3).營養競爭；(4).超寄生及 (5).誘導植物產生抗病性。目前生物防治中以「拮抗微生物之應用」之研究最多，諸如木黴菌、膠狀青黴菌、農桿菌、放線菌、枯草桿菌、液化澱粉芽孢桿菌、蕈狀芽孢桿菌及螢光假單孢細菌等最具發展成生物性農藥之潛力。

在台灣，目前已登錄於有機農業商品化資材之微生物製劑計有7項產品，包括枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) 用於防治水稻紋枯病、甘藍根瘤病、豆科 (小葉菜類、豆菜類、根菜類、乾豆類)及豌豆白粉病、番荔枝及蓮霧果腐病、檬果蒂腐病、瓜菜類及瓜果類露菌病；蕈狀芽孢桿菌 (*B. mycoides*) 用於防治水稻紋枯病、蘭花黃葉病；液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquefaciens*) 用於防治十字花科 (小葉菜類、包葉菜類、根菜類)、甘藍、向日葵、菊、菊科 (小葉菜類、包葉菜類、根菜類) 等黑斑病，山蘇、地黃、油菜等葉斑病，豆科乾豆類、豆菜類、豆薯、狗尾草、黃耆、豌豆、闊葉大豆等葉斑病、葉枯病、褐斑病，芫荽、芹菜、胡蘿蔔等黑葉枯病，花木葉斑病、黑斑病及褐斑病，枸杞、茄科果菜類及馬鈴薯等的早疫病、輪紋病， 柑桔類潰瘍病，當歸葉枯病及黑葉枯病，蔥科紫斑病。

甲殼素

甲殼素又稱為幾丁質 (chitin)，在 1811 年時，由法國人在蕈菇類植物中被發現，酵素中也可發現其蹤跡。甲殼素廣泛存在於自然界的甲殼類、昆蟲類和軟體類動物的骨骼，以及某些藻類、真菌類的細胞壁中，是地球上蘊藏量最豐富的有機物之一，例如螃蟹殼裡各有 3 成左右的蛋白質、碳酸鈣和幾丁質。用稀鹼來去除其蛋白質，再用稀酸來排除碳酸鈣，就能得到較純的幾丁質，甲殼素及殼聚糖 (chitosan) 由於具有生物官能性和相容性、安全性、微生物降解性等優良特性，目前甲殼素及殼聚糖被廣泛應用於醫藥、農業、

食品工業等多個領域。在農業領域中的應用包括作為植物生長調節劑、農用藥物、農用肥料及蔬果保鮮劑。甲殼素及其所衍生的產品對於植物有保護作用，而且具有破壞或抑制真菌生長和活動的特性。主要是因為甲殼素可以促使植物產生自我保護的機制來抵抗外來的感染及寄生生物的侵略，而且只需要非常低的濃度即可達到這些功效。甲殼素較普遍的使用方式包括：製作成溶劑、粉劑或是包覆在種子表面等。

(一) 在美國某個真菌侵害非常嚴重的地區，曾經針對甲殼素種子處理對於真菌防治的效果做過一系列的實驗。實驗後研究人員發現經過甲殼素包覆處理的種子較沒有包覆的種子有更好的發芽率，大約可提升 20％左右的發芽率。

(二) 甲殼素在幾個不同的層次發揮作用，除了防治真菌的效用之外，它具有強化根部組織及促進莖部生長更粗壯的功能。有些研究也顯示甲殼素能夠刺激植物分泌由本身機制合成的保護物質。

(三) 甲殼素有促進放線菌繁殖的效用，進而提升放線菌的病害防治的效果。

(四) 在其他領域中，甲殼素也被視為具有肥料的功效，因為它對於加速植物的萌芽及成長也有著一定的功效。由於以上這些特性，甲殼素可以被視為未來朝向有機栽培及有機農業發展上所不可或缺的天然肥料及農藥。加上甲殼素的水溶性讓農民在使用上更加有彈性，可以依據需求來調整使用方式，或搭配其他產品一起使用。目前免登記植物保護資材共登記 95 項甲殼素相關產品。

結論與展望

本文為簡介環境友善之病害防治資材與應用，目前公告可用之環境友善資材雖有數十種。然而，作物病害的種類亦甚多，因此在應用上需依據各種病原生態的特性及了解資材之作用機制，適時的施用資材，並導入於整合性管理系統。如果環境友善之防治資材使用得當時，不但可以減少化學合成農藥的使用，並達成病害防治事半功倍之目的，且有良好節能減碳及環境永續的效果。

現今農政單位經常修正病蟲害有機可用資材及公告新增「免登記植物保護資材」，此些環境友善資材雖陸續增加，但目前仍有許多作物病害僅能仰賴化學合成農藥來防治，甚而眾多的病害無良好的防治方法，開發更多的環境友善防治技術與資材來取代化學合成農藥的使用，將是大家共同努力的目標。

引用文獻

Ann, P. J. 2001. Control of plant diseases with non-pesticide compound-phosphorous acid. Plant Pathol. Bull. 10:147-154. (in Chinese with English abstract).

Ann, P. J., Hsieh, T. F., Tsai, J. N., Wang, I. T., and Lin, C. Y. 2000. A simple method for use of phosphorous acid and the spectra for disease control. Plant Pathol. Bull. 9(4):179 (Abstract in Chinese).

Chaluvaraju, G., Basavaraju, P., Shetty, N.P., Deepak, S.A., Amruthesh, K.N., and Shetty, H.S. 2004. Effect of some phosphorous-based compounds on control of pearl millet downy mildew disease. Crop Prot. 23:595-600.

Fenn, M.E., and Coffey, M.D. 1984. Studies on the in vitro and in vivo antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorous acid. Phytopathology 74:606-611.

Guest, D. I. 1984. Modification of defense responses in tobacco and capsicum following treatment with fosetyl-Al. Physiol. Plant Pathol. 25:125-134.

Guest, D. I., and Grant, B. R. 1991. The complex

action of phosphonates in plants. Biol. Rev. 66:159-187.

Hewitt, H. G. 1998. Fungicides in Crop Protection. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

Holderness, M. 1990. Efficacy of neutralized phosphonic acid (phosphorous acid) against *Phytophthora palmivora* pod rot and canker of cocoa. Aust. Plant Pathol. 19:130-131.

Homma, Y., Arimoto, Y., and Misato, T. 1981. Effects of emulsifiers and surfactants on the protective values of sodium bicarbonate. J. Pesticide Sci. 6: 145–153.

Horst, R. K., Kawamoto, S. O., and Porter, L. L. 1992. Effects of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. Plant Dis. 76: 247–251.

Johnson, D.A., Inglis, D.A., and Miller, J.S. 2004. Control of potato tuber rots caused by oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. Plant dis. 88:1153-1159.

Kiss, L., Cook, R. T. A., Saenz, G. S., Cunnington, J. H., Takematsu, S., Pascoe, I., Bardin, M., Nicot, P. C., Sato, Y., and Rossman, A. Y. 2001. Identification of two powdery mildew fungi *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *O. lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. Mycol. Res. 105:684–697.

Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. J. Phytopathol. 151:144-148.

MacIntire, W. H., Winterberg, S. H., Hardin, L. J., Sterges, A. J., and Clements, L. B. 1950. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous, and phosphoric materials by means of pot cultures. Agron. J. 42:543-549.

Martin, H., and Salmon, E. S. 1930. Vegetable oils as fungicides. Nature126: 58.

Martin, H., and Salmon, E. S. 1931. The fungicidal properties of certain spray-fluids, VIII. The fungicidal properties of mineral, tar and vegetable oils. J. Agric. Sci. 23:228–251.

Mckay, A. G., and Floyd, R. M. 1992. Phosphonic acid control downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower curds. Aust. J. Exp. Agric. 32:127-129.

Nemestothy, G. N., and Guest, D. I. 1990. Phytoalexin accumulation, phenylalanine ammonia lyase activity and ethylene biosynthesis in fosetyl-Al treated resistant and susceptible tobacco cultivars infected with *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. Physiol. Mol. Plant Pathol. 37:207-219.

Ni, H. F., Hsu, S. L., and Yang, H. R. 2007. Evaluation of different method for inoculation of *Pratylenchus coffeae* on yam. J. Taiwan Agric. Res. 56:99-106. (in Chinese with English abstract).

Northover, J., and Schneider, K. E. 1993. Activity of plant oils on diseases caused by *Podosphaera leucotricha, Venturia inaequalis*, and *Albugo occidentalis*. Plant Dis. 77: 152–157.

Northover, J., and Schneider, K. E. 1996. Physical modes of action of petroleum and plant oils on powdery mildews of grapevines. Plant Dis. 80: 544–550.

Ohtsuka, N., and Nakazawa, Y. 1991. Influence of machine oil on conidia and hyphae of cucumber powdery mildew fungus,

Sphaerotheca fuliginea. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 57: 598–602.

Ohtsuka, N., Nakazawa, and Y., Horino, O. 1991. The influence of machine oil on morphology of cucumber powdery mildew fungus (II). Electron microscopic observations on hyphae and haustoria of *Sphaerotheca fuliginea*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 57: 711–715.

Pasini, C. 1997. Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosea*) in greenhouse. Crop Prot. 16: 251–256.

Pegg, K. G., Whiley, A. W., Saranah, J. B., and Glass, R. J. 1985. Control of Phytophthora root rot of avocado with phosphorus acid. Aust. Plant Pathol. 14:25-29.

Saindrenan, P., Barchietto, T., Avelino, J., and Bompeix, G. 1988. Effects of phosphite on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea.* Physiol. Mol. Plant Pathol. 32:425-435.

Saindrenan, P. and Guest, D. V. 1995. Involvement of phytoalexins in the response of phosphonate-treated plants to infection by *Phytophthora* species. Pages 375-390 *in* Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action. M. Daniel, and R. P. Purkayastha. eds. Marcel Dekker, INC. New York.

Smillie, R. Grant, B. R. and Guest, D. 1989. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. Phytopathology 79:921-926.

Wicks, T. J., Magarey, P. A., Waxhtel, M. F., and Frensham, A. B. 1991. Effect of postinfection application of phosphorous (phosphonic) acid on the incidence and sporulation of *Plasmopara viticola* on grapevine. Plant Dis. 75:40-43.

Yang, H. R., and Lin, Y. T. 1997. Effect of hot water treatment for controlling anthracnose of mango fruits of Tainung No.1 variety. Plant Prot. Bull. 39:241-249. (in Chinese with English abstract).

Ziv, O., and Zitter, T. A. 1992. Effects of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. Plant Dis. 76: 516–517.